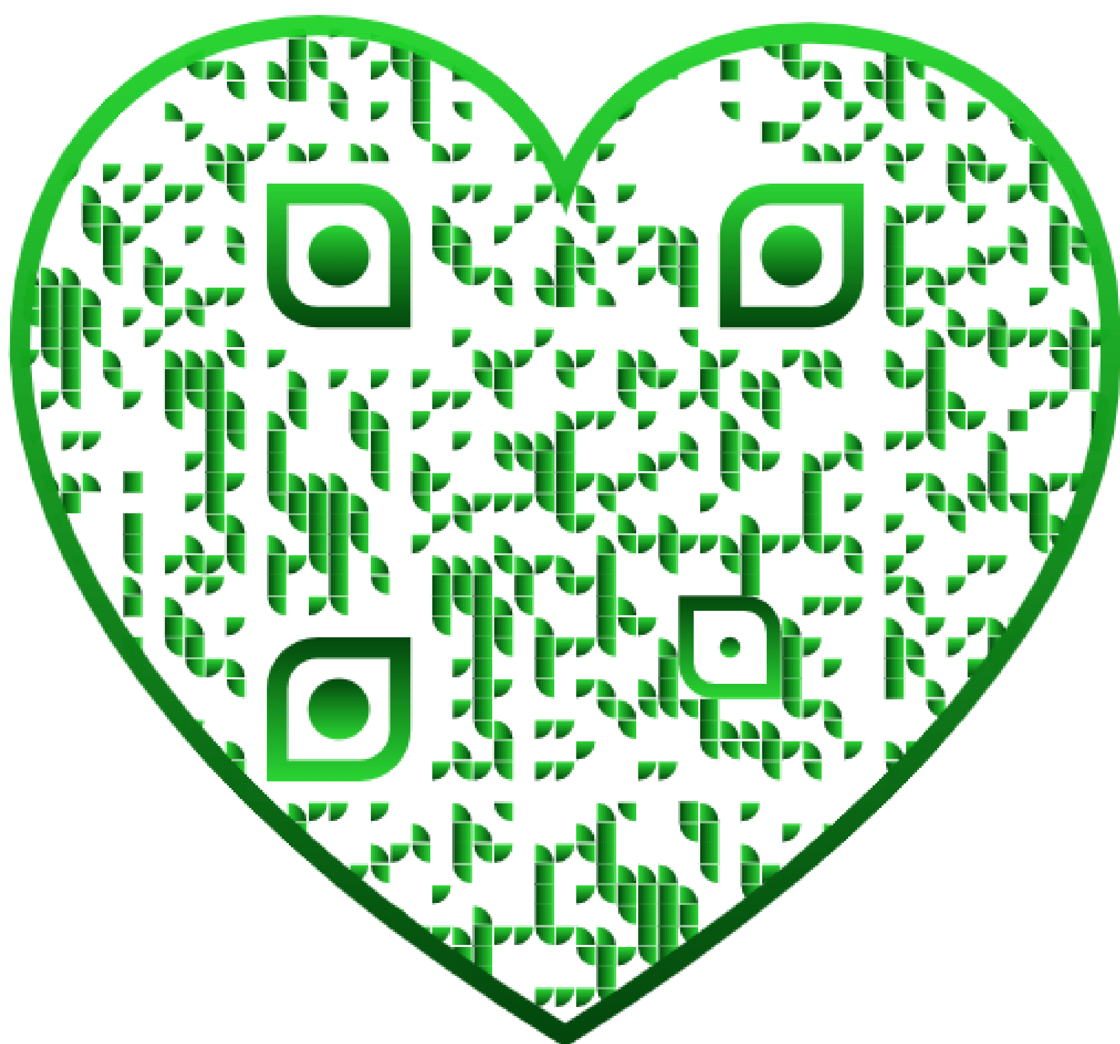
Paul Strathern

Einstein e a Relatividade

em 90 minutos



ZAHAR
Jorge Zahar Editor



DADOS DE COPYRIGHT

Sobre a obra:

A presente obra é disponibilizada pela equipe ***Le Livros*** e seus diversos parceiros, com o objetivo de oferecer conteúdo para uso parcial em pesquisas e estudos acadêmicos, bem como o simples teste da qualidade da obra, com o fim exclusivo de compra futura.

É expressamente proibida e totalmente repudíavel a venda, aluguel, ou quaisquer uso comercial do presente conteúdo

Sobre nós:

O ***Le Livros*** e seus parceiros disponibilizam conteúdo de dominio publico e propriedade intelectual de forma totalmente gratuita, por acreditar que o conhecimento e a educação devem ser acessíveis e livres a toda e qualquer pessoa. Você pode encontrar mais obras em nosso site: ***LeLivros.link*** ou em qualquer um dos sites parceiros apresentados neste link.

"Quando o mundo estiver unido na busca do conhecimento, e não mais lutando por dinheiro e poder, então nossa sociedade poderá enfim evoluir a um novo nível."



EINSTEIN
E A RELATIVIDADE
em 90 minutos

Paul Strathern

Tradução:
Maria Helena Geordane

Consultoria:
Álvaro Nogueira
Mestre em física, CBPF/CNPq



CIENTISTAS

em 90 minutos

....

por Paul Strathern

Arquimedes e a alavanca em 90 minutos
Borh e a teoria quântica em 90 minutos
Crick, Watson e o DNA em 90 minutos
Curie e a radioatividade em 90 minutos
Darwin e a evolução em 90 minutos
Einstein e a relatividade em 90 minutos
Galileu e o sistema solar em 90 minutos
Hawking e os buracos negros em 90 minutos
Newton e a gravidade em 90 minutos
Oppenheimer e a bomba atômica em 90 minutos
Pitágoras e seu teorema em 90 minutos
Turing e o computador em 90 minutos

SUMÁRIO

....

Introdução

Vida e obra

Citações-chave

Cronologias

Leitura sugerida

Sobre o autor

INTRODUÇÃO

....

Einstein transformou o universo, mas morreu como um fracassado. Sua teoria da relatividade o consagrou como o maior espírito científico desde Newton. A relatividade destruiu nossas noções de espaço e tempo e trouxe à luz um universo antes inconcebível. Sua famosa fórmula $E = mc^2$ mostrou que a matéria podia ser convertida em energia, anunciando a era nuclear. Fez ainda contribuição da maior importância à teoria quântica. Foi incapaz, porém, de aceitar as implicações de suas descobertas – sobretudo no que dizia respeito à teoria quântica. Em conseqüência disso, passou mais de um quarto de século procurando uma teoria abrangente que seu próprio trabalho tornara impossível.

Durante a segunda metade de sua vida, Einstein tornou-se uma unanimidade pública: "o maior gênio do mundo". Aceitou de boa vontade esse absurdo e deu a ele uso exemplar – dedicando-se incansavelmente a campanhas contra males que iam do anti-semitismo às armas nucleares. A imagem que apresentou ao mundo foi a do estereótipo do gênio distraído. O homem em si era ambicioso, perfeitamente consciente de seus dotes excepcionais e decididamente uma figura trágica. Sua importância social não era suficiente para compensar seu fracasso em explicar a estrutura fundamental do universo com sua teoria do campo unificado.

VIDA E OBRA

…………………

Albert Einstein era filho de judeus alemães e nasceu em 14 de março de 1879, na pequena cidade de Ulm, ao sul da Alemanha. Sua mãe, filha de um comerciante de milho de Stuttgart, era culta e gostava de tocar violino. Tinha apenas 21 anos quando Albert nasceu. Seu pai, Hermann, era um homem afável e sociável que exibia um imenso bigode, apreciava um copo de boa cerveja alemã e gostava de recitar poesia.

Aquela era a Alemanha sob a lei de "sangue e ferro" do chanceler Bismark, em que até mesmo os motoristas de táxi usavam uniformes. Os judeus haviam sido emancipados apenas em 1867 e, no ano do nascimento de Albert, a palavra anti-semitismo apareceu pela primeira vez em um artigo numa revista alemã.

Um ano após seu nascimento, a loja de materiais elétricos de seu pai faliu e a família mudou-se para os subúrbios de Munique, indo morar na casa de Jakob, irmão de Hermann. Hermann e Jakob montaram, nesse local, uma pequena indústria de eletroquímicos.

Albert era uma criança visivelmente lerda, bastante sonhadora. Havia passado por uma ruptura familiar e tinha um pai fracassado. À exceção desses traços, que ocorrem com surpreendente freqüência na biografia dos gênios (Johann van Beethoven, o cantor bêbado, John Shakespeare, o luveiro sem credibilidade etc.), a infância de Albert nada teve de excepcional.

Seu pai não era religioso, sentindo-se parte integrante e bem aceita da sociedade alemã. Assim sendo, matriculou o filho em uma escola católica, onde o garoto se viu na condição de único judeu da sala. Como quase tudo no país, as escolas alemãs eram administradas segundo princípios militares. Os professores das crianças menores se orgulhavam de terem um comportamento de sargentos autoritários e pedantes. O jovem Albert se entediava, aprendia pouco e desenvolvia contra a autoridade uma profunda aversão, que o acompanharia pelo resto da vida. Em casa, sua mãe o fez estudar violino, atividade que lhe dava prazer e que desenvolvia com bom aproveitamento – outro traço que manteria para sempre.

Seu pai estava preocupado sobretudo em manter os negócios da família de pé, em meio a uma recessão econômica, mas chegou a fazer algumas tentativas esporádicas de despertar o filho para assuntos vagamente acadêmicos. Um dia mostrou-lhe uma bússola. Albert perguntou por que a agulha sempre apontava na mesma direção. Hermann explicou que aquilo se devia ao magnetismo. Mas, como o magnetismo conseguia atravessar o espaço, queria saber Albert. Para isso, Hermann não tinha resposta.

Naquela noite, Albert permaneceu acordado, perguntando-se como uma força invisível podia passar através do espaço.

Ao mesmo tempo, "Onkel Jakob" iniciou-o em álgebra. "É uma ciência divertida", explicava. "Quando não conseguimos apanhar o animal que estamos caçando, nós o chamamos temporariamente de X e continuamos a persegui-lo até capturá-lo." Bertl ("pequeno Bertie", seu apelido de família) foi logo fisgado.

Em 1891, quando tinha 12 anos, outro professor amador entrou em cena. Naquela época,

era hábito entre as famílias judias da Europa central convidar um membro pobre da comunidade para jantar às quintas-feiras. Os Einstein recebiam a visita de Max Talmey, um estudante de medicina. Max passou a emprestar ao jovem Bertl livros de divulgação científica, que seu cérebro, bastante preguiçoso para outros assuntos, devorava rapidamente. Uma vez mais, Einstein desenvolvia um traço que conservaria por toda a vida. Era claramente um auto-didata, prestando pouca ou nenhuma atenção a seus professores. Preferia dedicar-se a seus próprios interesses e fazer as coisas à sua própria maneira. O resultado foi um conhecimento excepcionalmente profundo, acompanhado por dificuldades freqüentes em testes e exames os mais elementares.

Max Talmey logo traria para Einstein livros sobre geometria plana e, num instante, o garoto se instruía em cálculo. A cada semana, Max avaliava os progressos do jovem Albert, até que, afinal, foi obrigado a admitir: "Não conseguia mais acompanhá-lo." Em vão, Max encorajou-o a ler livros de medicina e biologia, mas Albert não demonstrou interesse, uma vez que não representavam para ele suficiente desafio intelectual: parecia interessado apenas em tentar compreender noções complexas e em localizar os princípios básicos que as fundamentavam.

O amadurecido estudante de medicina agora iniciava Albert em seu próprio tema favorito: a filosofia. O jovem adolescente, que enfrentava de "dificuldades de aprendizado" na escola, começou lendo as obras de Kant, brilhantes mas extremamente difíceis: a metafísica alemã no auge de sua prolixidade e falta de clareza. Na realidade, pode até ter havido um componente de malícia na atitude de Max, como se pretendesse colocar Albert em seu lugar. Mas a obra de Kant continha o maior de todos os sistemas filosóficos, uma construção de excepcional profundidade que buscava explicar absolutamente tudo. Antes, Einstein tinha se defrontado com a sutileza e o refinamento intelectuais, com conceitos que exigiam extrema concentração até mesmo para serem entendidos, e técnicas complexas. Agora ele aprendia, pela primeira vez, o que a mente, em toda a sua glória, era capaz de alcançar: um sistema que abrangia o universo. Einstein jamais esqueceu essa lição. A brincadeira de Max, se é que se tratara disso, iria repercutir com impacto.

Em 1894, quando Einstein tinha 15 anos, os negócios da família faliram mais uma vez. Mudaram-se para a Itália, onde seu pai montou nova fábrica, perto de Milão. Albert, porém, foi deixado em um pensionato em Munique, para que pudesse terminar os estudos no Luitpold Gymnasium, o que o habilitaria para a universidade, onde iria graduar-se em engenharia a fim de, mais tarde, integrar-se aos negócios da família. Seus estudos seriam custeados pela família de sua mãe, até que Hermann se reerguesse financeiramente.

Ao cabo de seis meses, Einstein sofreu um esgotamento nervoso e foi expulso do ginásio, porque (segundo seu relato) sua presença em sala era "desagregadora e perturbava os demais alunos". O colapso mental pode ter sido forjado, para que pudesse juntar-se aos pais na Itália. Einstein desenvolvera aversão à disciplina e, conforme suas memórias, considerava o currículo escolar uma mistura de fraude, irrelevância e tédio. Em grego clássico, história, geografia e, surpreendentemente, biologia e química, não se preocupava nem mesmo em tentar. Tornava-se consciente de sua inteligência precoce (que sobrepujava a todos em matemática e física), o que lhe conferia uma acentuada auto-suficiência. Tudo isso, aliado a certa imaturidade, fazia-o parecer convencido e insolente.

Albert passou, então, um ano bastante agradável na Itália. Não freqüentava a escola, mas

consumia parte de seu tempo escrevendo um ensaio sobre um dos mais difíceis problemas científicos da época – a relação entre a eletricidade, o magnetismo e o éter (o meio invisível que transmitia ondas eletromagnéticas). Num nível profissional, o texto nada tinha de novo, mas era uma proeza notável para alguém de 16 anos. Era também um sinal de que ele ainda pensava no magnetismo e sobre como este viajava através do espaço.

No final do ano, prestou exame de admissão para a Eidgenössische Technische Hochschule, em Zurique (mais conhecida como Politécnica de Zurique). O titular de física, Heinrich Weber, ficou estarrecido diante de suas excepcionais notas em matemática e física. Seu pai, Hermann, reagiu de modo bem diferente quando soube de suas notas em francês, biologia, história e várias outras disciplinas. O fracasso de Einstein fora retumbante – e quase com certeza proposital. Não queria ingressar em um curso de engenharia que iria culminar com sua participação nas atividades empresariais de seu pai. No entanto, como resultado da intervenção pessoal do Prof. Weber, foi-lhe oferecida uma vaga na Politécnica de Zurique para o ano seguinte. Havia apenas uma condição básica: teria que freqüentar uma escola, qualquer escola, durante esse ano de intervalo.

Hermann reconheceu a relutância do filho em ingressar nos negócios da família, mas não sabia que atitude deveria tomar. Estava sem dinheiro. Deveria insistir para que Albert viesse trabalhar com ele de imediato? Mais uma vez, entrou em contato com os parentes de sua mulher e mais uma vez estes concordaram em financiar os estudos de Albert. Porém, dessa vez, queriam resultados. Não fazia sentido jogar dinheiro fora com um mero perdulário.

Muito depois de todas as decepções e divergências, muitos anos após a morte de Hermann, Einstein continuaria dizendo a respeito de seu pai: tratava-se de um "sábio". A compreensão que tinha das necessidades caprichosas do filho e de sua intuitiva aversão a se enterrar nos negócios da família sintetizava a sabedoria de Hermann. Sem isso, não teria havido relatividade.

Hermann decidiu que Albert iria estudar em um vilarejo nos arredores de Zurique e permitiu que cursasse física e matemática, ao invés de engenharia, quando entrasse na Politécnica de Zurique. E, dessa vez, ao invés de uma estadia solitária em um pensionato, Albert moraria com a família de um dos professores.

Apesar da "sabedoria" de seu pai, Einstein ainda receava voltar à escola. Logo, porém, ficaria tranqüilo. Aurau era um lugar agradável, às margens de um rio, entre vinhedos ondulantes, e seus anfitriões, a família Winteler, eram alegres e amáveis. Não se tratava da Alemanha, mas da Suíça. Em lugar de rigidez pedagógica, encontrou abertura para o debate intelectual. Einstein desabrochava, juntando-se à família nos fins de semana para se divertir, observando os pássaros e caminhando pelas montanhas.

Einstein aprendera a tocar violino com sua mãe e, agora, era um músico amador realizado. Durante os saraus musicais na casa dos Winteler, costumava entreter a família tocando em duo com a filha de dezoito anos, Marie, que o acompanhava ao piano. Era um violinista cheio de vivacidade: a música parecia fazer aflorar o lado apaixonado de sua natureza.

Fotos da época mostram-no como um jovem bonito, de cabelos escuros ondulados, bigode ainda ralo e ar confiante. Aparece bem vestido, apesar de já mostrar um pouco do aspecto descuidado que viria a se formar seu traço característico. Nesse estágio inicial, simplesmente acrescentava um toque de jovial frivolidade. Talvez por não poder evitar, Marie apaixonou-se por ele.

Essa foi a primeira experiência amorosa de Albert. Parece ter sido bastante intensa, platônica e um tanto unilateral. A física matemática já representava a paixão maior de sua vida, sobrepujando qualquer outra, e assim seria para sempre —, mas ele apreciava a companhia de mulheres e sabia que as atraía.

Durante esse período, a postura social de Einstein era alegre e auto-confiante, com limites muito bem estabelecidos, e ele adorava dar uma sonora gargalhada. Um colega de escola lembrava-se de como ele havia adotado o estilo de "um filósofo risonho" e de como seu "desdém sarcástico fustigava qualquer presunção ou pose". Tinha porém a tendência incorrigível de se entregar a seus próprios pensamentos. Talvez porque fosse inevitável, o romance com Marie desmoronou quando ele assumiu seu lugar na Politécnica de Zurique, no outono de 1895. Ela magoou-se profundamente; ele, de modo insensível e irresponsável, decidiu esquecer tudo.

A Politécnica de Zurique era, na época, a melhor escola técnica da Europa central. Seus laboratórios eram equipados com excelência pela Siemens (por ironia, um dos grandes conglomerados responsáveis pela exclusão de Hermann do mercado), e atraía docentes do mais alto calibre. Apesar disso, Einstein quase nunca aparecia nas aulas. Um de seus professores, o grande matemático russo-alemão Hermann Minkowski, referia-se a ele como "um cão preguiçoso". Mas ele continuava presunçoso como sempre. Sua ingratidão para com Weber – responsável por sua entrada na escola – era um exemplo típico. As aulas de física de Weber mostravam alguns dos grandes progressos técnicos alcançados nos vinte anos anteriores e Einstein as dispensava assumidamente. No laboratório, recusava-se a seguir instruções, preferindo traçar seus próprios métodos, mais atualizados. Durante uma experiência para determinar os efeitos do éter, seu equipamento explodiu, provocando uma ferida de aspecto bastante desagradável em sua mão direita. Por sorte, os efeitos não foram duradouros e logo pôde retomar o violino.

Einstein passava a maior parte de seu tempo lendo avidamente – inteirando-se a seu modo dos últimos avanços da física. As ciências haviam evoluído espetacularmente no século anterior – sobretudo a física, que parecia então ser o limite extremo do conhecimento científico. Chegara-se ao estágio em que todos os elementos díspares desse campo do saber pareciam amalgamar-se numa visão ampla e abrangente. A perspectiva de a humanidade alcançar o conhecimento total do mundo despontava no horizonte. Muitos sentiam que, para um cientista, aquela era a mais excitante e proveitosa época da história. As gerações futuras nada teriam para descobrir, estando condenadas ao enfadonho trabalho da mensuração.

Em outros domínios, no entanto, dúvidas começavam a surgir. Muitas das velhas certezas começavam a ser questionadas, conduzindo à crescente suspeita de que a física clássica não era adequada à descrição das realidades cada vez mais complexas do mundo físico.

Essas idéias provocavam certa reticência por parte de muitos intelectuais em Zurique, que viam o mundo de um ponto de vista não científico. Trotski, Lenin, Rosa Luxemburgo (e mais tarde os futuristas, os dadaístas e James Joyce), todos freqüentavam os cafés de Zurique, que era então muito mais do que um centro financeiro provinciano administrado por gnomos. Era uma cidade intensa, no coração da Europa, com uma sociedade cosmopolita.

Entre jornadas de leituras e pesquisas cada vez mais especializadas, Einstein encontrava seus amigos da universidade no Café Metropole, popular reduto de estudantes perto do rio. Começara a fumar cachimbo e sua bebida preferida era café gelado. (Na época, Einstein não

bebia cerveja, sobretudo porque não dispunha de dinheiro suficiente. Na realidade, durante toda a sua vida, nunca teve apreço pelo álcool: achava que embotava seu cérebro.)

Einstein tinha um pequeno círculo de amigos íntimos. Eram todos brilhantes, estudantes de matemática ou física, e obcecados com as questões fundamentais da ciência. Sem essas qualidades, era impossível acompanhar as conversas.

Marcel Grossman foi talvez o primeiro entre os colegas de classe de Einstein a reconhecer que seu brilhantismo era fora do comum. Na época dos exames, Grossman, sem nenhum egoísmo, emprestava-lhe suas anotações de aula – única maneira de Einstein acompanhar o programa do curso. Michelangelo Besso, seu colega de engenharia, era uma pessoa agradável, que compartilhava seu interesse pela filosofia. Foi ele quem introduziu Einstein às obras de Ernst Mach, o filósofo da ciência cujo nome é hoje imortalizado por haver medido a barreira do som. Mach procurava, então, provocar efeito cataclísmico semelhante sobre as intocadas hipóteses abstratas da física clássica. Um terceiro amigo íntimo era Fritz Adler, filho do fundador do Partido Democrático Social Austríaco. Einstein admirava Adler por seu idealismo inquebrantável. A iconoclastia de Einstein era mais do que simples arroubos juvenis. O antiautoritarismo, o antimilitarismo, o desprezo por métodos e premissas ultrapassados – tudo isso fazia parte de um idealismo social crescente. Essa convicção ele iria defender com ardor, embora com algo de ingenuamente utópico: perfil que conservaria por toda a vida.

Quando não se encontrava trabalhando sozinho em seu quarto, ou em conversas sérias (marcadas por gargalhadas extravagantes) com seus amigos no Café Metropole, Einstein velejava com a filha de seu senhorio no lago Zurique. Foi o começo de dois *hobbies* que cultivou com prazer até o final de seus dias, ou seja, velejar e namorar. (A filha do senhorio não era a única a ser convidada para passeios íntimos de barco, embora o barco de fato pertencesse à sua família.)

Somente uma pessoa era capaz de compreender todas essas facetas da vida de Einstein: Mileva Maric, a única mulher da turma. Mileva era sérvia, de Novi Sad, então parte do Império Austro-Húngaro. Seu pai era funcionário público e a havia matriculado na Politécnica de Zurique, pois, como mulher, não lhe era permitido estudar física avançada em seu país. (Somente *oito anos depois*, em 1903, Marie Curie tornar-se-ia a primeira mulher na França a receber um doutorado *em qualquer campo* – mesmo ano em que recebeu seu primeiro Prêmio Nobel.) Diferente das demais mulheres com quem Einstein passava seu tempo, Mileva era bastante simples e de modo algum namoradeira. Raramente sorria e, devido a um quadril permanentemente deslocado, claudicava ligeiramente. Muitos se admiravam de como ela veio a ocupar papel tão central na vida de Einstein nessa época. Fotografias contemporâneas mostram-na com fortes traços eslavos, mas seu olhar e seus lábios grossos sugerem uma sensualidade contida. Foi também a primeira mulher que Einstein encontrara com quem podia discutir suas preocupações mais profundas. Quando ele começava a falar de física, ela sabia tão bem do que se tratava que chegava a dar palpites. E ele com certeza admirava sua independência pioneira, conquista então rara entre as mulheres.

Em 1900, Einstein tomou pela última vez emprestadas as anotações de aula de Grossman e prestou o exame final. Suas notas foram irregulares e nem de longe sugeriam seu excepcional talento científico. Esses resultados, aliados à sua recusa em ouvir os professores, confirmavam que não estava preparado para a carreira acadêmica que desejava seguir.

Inscreveu-se em várias universidades – à sua própria maneira. A mistura característica de heterodoxia e autoestima intelectual resultou na ausência de qualquer proposta.

Em 1900, tornou-se cidadão suíço, em parte porque nesse país se sentia em casa, mas também para evitar o retorno à Alemanha, onde teria que prestar o serviço militar. Isso, porém, não ajudou em suas solicitações de emprego, prejudicadas por outra característica pessoal ainda mais indisfarçável do que sua auto-estima, ou seja, o fato de ser judeu. O anti-semitismo predominava entre os profissionais em toda a Europa. (Havia apenas seis anos que o notório caso Dreyfus sacudira Paris – quando Dreyfus, oficial judeu do exército francês, foi condenado à ilha do Diabo, sob acusação forjada de espionagem.) O dinheiro de Einstein começou a escassear e ele, afinal, teve de aceitar um cargo temporário na escola técnica de Winterthur, a apenas quinze quilômetros ao norte de Zurique.

Sua atitude em relação à disciplina garantia sua popularidade como professor, mas não sua eficiência. Durante seu tempo livre, continuava conduzindo suas pesquisas, que haviam então começado a se concentrar na possibilidade de um vínculo entre as forças moleculares e a força de gravidade, que atuava através de imensas distâncias. Parecia, então, tentar incorporar os últimos progressos científicos à estrutura geral da física clássica, ao invés de sugerir qualquer estrutura alternativa. Já começava, porém, a refletir sobre o esquema mais amplo das coisas – na tentativa de suplantar Newton. Objetivo ambicioso, mas, como comentou em carta a Grossman: "É uma sensação maravilhosa reconhecer os traços unificadores de um complexo de fenômenos que se apresentam totalmente desvinculados da experiência direta dos sentidos." Começava a descobrir seu potencial.

Quando podia, viajava a Zurique nos fins de semana para ver Mileva, e durante a semana trocavam cartas. Após um fim de semana em maio, Einstein escreveu: "Como foi maravilhosa a última vez, quando me foi permitido apertar sua pessoa pequena e querida contra mim, da forma que a natureza concebeu." Tinham se tornado amantes.

Depois de alguns meses, chegou ao fim o período de Einstein como professor, sem perspectiva de trabalho posterior. Sabendo disso, seu antigo colega de escola Grossman pediu a seu pai que o recomendasse para um emprego no Escritório Suíço de Patentes, em Berna. Einstein foi informado de que não havia vagas naquele momento, mas que seu nome seria considerado caso algum cargo vagasse. A notícia seguinte que recebeu foi a de que Mileva estava grávida.

Einstein tinha então 21 anos, estava desempregado e praticamente sem dinheiro. Os negócios de seu pai tinham uma vez mais falido e os parentes de sua mãe já não queriam sustentá-lo. Einstein disse a Mileva que se casariam, mas ambos sabiam que era impossível. Ele não seria capaz de sustentá-la.

Assim sendo, Mileva retornou a Novi Sad, onde deu à luz uma menina – a quem Albert e ela se referiam em suas cartas como "Lieserl" ("pequena Lisa").

No começo de 1902, Einstein viajou a Berna, onde afinal surgiu uma vaga no Escritório de Patentes. Tornou-se então perito técnico (terceira classe), o que significava ter de classificar as diversas invenções apresentadas ao Escritório para aprovação. Estas incluíam a habitual série de dispositivos engenhosos, implausibilidades hilariantes e mecanismos simples que dariam origem a dinastias financeiras. Einstein examinava cada item e depois lia o formulário anexo (com freqüência tão tortuosamente complexo e impenetrável quanto o dispositivo que pretendia descrever). Sua tarefa era verificar se esses dois elementos díspares mantinham

alguma relação um com o outro e se pelo menos um deles era compreensível. Descobriu que até as noções mais complexas podiam em geral ser reduzidas a um conjunto de princípios fundamentais simples. Nunca mais esqueceria essa lição.

Enquanto isso, Mileva e a pequena Lieserl permaneciam a mil quilômetros de distância, em Novi Sad. Consta que Lieserl era uma criança doentia e que a própria Mileva não passava muito bem. A história que se seguiu, de Lieserl e seus pais, é uma típica tragédia da época, que veio à luz apenas nos anos 90 e ainda está por ser conhecida sem cortes. Tudo indica que os pais de Mileva tiveram prioridade sobre ela na adoção de Lieserl e havia pouco que Einstein pudesse fazer (ou faria). O que aconteceu então à primeira criança a nascer portando os genes de um dos maiores cérebros científicos de todos os tempos? Lieserl parece ter desaparecido sem deixar vestígio – salvo um episódio curioso. Mais de trinta anos depois, quando Einstein era mundialmente famoso e morava nos Estados Unidos, ouviu falar de uma mulher que tentava passar por sua filha ilegítima na sociedade européia. Recusou-se a fazer um desmentido. Ao contrário, contratou em segredo um detetive particular para verificar se a alegação da mulher era genuína O final dessa estória não é totalmente conhecido. No curso natural dos acontecimentos, é possível imaginar que Lisa tivesse vivido pelo menos até os anos 70. O editor dos artigos de Einstein, Dr. Robert Schulmann, sugeriu que novas evidências podem vir à luz após o encerramento dos conflitos na antiga Iugoslávia.

Em dezembro de 1902, menos de um ano após o nascimento de sua filha, Mileva Maric abandonou Novi Sad sozinha e viajou para a Suíça. Tornou-se óbvio para todos os seus amigos que ela tinha sofrido alguma tristeza profunda, cuja causa jamais revelou. Uma mescla de compaixão, afeição e dever levou Einstein a se casar com Mileva. As razões dela eram igualmente confusas, mas ela sentia que não tinha mais para onde se voltar.

Em 3 de janeiro de 1903, Albert e Mileva se casaram. Após um jantar comemorativo com poucos amigos em um restaurante local, os recém-casados partiram na noite gelada em direção ao pequeno apartamento de Einstein na Kramgasse 49, dobrando a esquina. Quando chegaram, ele se deu conta de que havia perdido a chave. Esse episódio é normalmente referido como exemplo clássico de sua excentricidade desatenta. Outros inclinam-se para uma interpretação mais freudiana.

Einstein tinha então 23 anos e era extremamente pobre. A fim de evitar ter de encarar essa realidade difícil, mergulhava em suas pesquisas científicas. Esse traço tornou-se característico: quando a vida se tornava dura, recolhia-se em seu mundo abstrato. Durante esse período, produziu inúmeros artigos científicos, alguns dos quais foram publicados no prestigioso periódico *Annalen der Physik*. Einstein estava interessado em termodinâmica, tendo inclusive desenvolvido determinados métodos estatísticos para quantificar os movimentos do gigantesco número de moléculas que ocupam um volume comparativamente pequeno de líquido ou de gás. Nenhum desses artigos era original em si e apenas em retrospectiva é possível ver neles vestígios das grandes descobertas que estavam por vir.

Em 1904, Mileva deu à luz seu primeiro filho, Hans Albert. Alguns meses mais tarde, Besso, seu antigo colega de Zurique, também conseguiu um emprego no Escritório de Patentes. Isso significava que agora ele tinha alguém com quem discutir suas pesquisas científicas. Suas idéias começavam a extra-polar os conhecimentos de Mileva e as discussões entre eles eram ainda mais radicalmente limitadas por sua condição de mãe. Mileva, por certo, ressentia-se disso e nem sempre Besso era benvindo na Kramgasse 49. Einstein passou então a conversar

com ele enquanto caminhavam de volta do trabalho, muitas vezes escolhendo um itinerário mais longo que o necessário.

Os artigos já publicados de Einstein podiam não ser excepcionais, mas a gama de suas preocupações e o alcance de seus *insights* eram de fato originais. Tão originais, na realidade, que ele não via forma de expressá-los de forma coerente, conforme se queixava a Besso em suas caminhadas. Naquele momento, compreendera que a física clássica estava esgotada. Espaço, tempo e luz não se adequavam às definições de Newton. Era preciso uma explicação inteiramente nova do universo.

Eram essas as idéias revolucionárias que germinavam na cabeça de Einstein, e ele gastava todo o tempo disponível tentando elaborá-las. No entanto, sua vida doméstica dificilmente contribuía para suas reflexões, as mais agudas e abrangentes desde Newton. Hoje, o apartamento da Kramgasse 49 tem a calma asséptica de um pequeno museu dedicado a Einstein e à teoria da relatividade, que ele ali concebeu. Naquela época, no calor da criatividade e da vida em família, a atmosfera era, de certo modo, mais pesada. Freqüentadores da casa lembram-se do cheiro forte de roupas e de fraldas secando, do fumo do cachimbo de Einstein e da fumaça escapando pelos vazamentos do fogão. No inverno, era frio demais para abrir as janelas; no verão, o calor intensificava os odores. Einstein era encontrado absorto em um livro, balançando distraído, com o pé, o berço do bebê, que chorava ruidosamente, enquanto Mileva lavava louça na pia. De vez em quando, seus amigos o encontravam curvado em meio à multidão da calçada, o caderno de anotações aberto sobre o carrinho do bebê, mergulhado em algum cálculo complexo, enquanto a criança batia em sua cabeça com o chocalho.

Toda essa obsessão chegou a um súbito e espetacular clímax em 1905. Este seria o *annus mirabilis* de Einstein. Ao longo desse ano, ele enviou aos *Annalen der Physik* quatro artigos que literalmente transformaram o mundo.

O primeiro artigo a aparecer nos *Annalen der Physik* foi "Sobre um ponto de vista heurístico acerca da produção e da transformação da luz" (*Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt*). O próprio Einstein considerou esse artigo de dezessete páginas "bastante revolucionário", e de fato ele iria transformar toda a nossa compreensão da natureza da luz – de tal forma que a física jamais seria novamente a mesma.

A fim de compreender a importância do artigo de Einstein, devemos primeiro traçar a história científica da luz. Desde a época dos gregos antigos, filósofos e cientistas acreditavam que ela consistia em minúsculos grãos de matéria. Com a invenção do telescópio, no início do século XVII, essa tese foi questionada. Em 1678, o astrônomo e físico holandês Christian Huygens sugeriu que a luz era de fato composta de ondas. Porém, conforme objetou um crítico contemporâneo: "Como mesmo as ondas do mar poderiam mover-se sem a água salgada?" Em outras palavras, as ondas, para serem transmitidas, sempre precisam de uma substância ou "meio". As ondas de luz podiam se mover através do ar, da água e do vidro, mas como poderiam se movimentar através do espaço ou do vácuo? Huygens concebeu a hipótese de uma substância totalmente difusa, invisível, chamada éter, mais tarde elaborada como uma entidade sem peso, estática, que permeava todo o universo.

Em 1704, Isaac Newton publicou sua grande obra sobre a luz, intitulada *Óptica*, que

descrevia de maneira exaustiva todas as formas de comportamento e qualidades de luz. Para dar conta de todas essas múltiplas propriedades, propôs uma teoria corpuscular, em que a luz era constituída de partículas de algum modo influenciadas por ondas. Infelizmente, Newton não foi capaz de engendrar uma explicação convincente que pudesse conciliar esses dois elementos aparentemente contraditórios.

A teoria ondulatória da luz recebeu grande impulso, no século seguinte, com o trabalho do físico escocês James Clerk Maxwell, que morreria em 1878, ano que antecedeu o nascimento de Einstein. Na década de 1860, Maxwell calculou que tanto as forças elétricas quanto as magnéticas deviam movimentar-se através do espaço com velocidade próxima à da luz. Imediatamente inferiu que a luz também era uma forma de radiação eletromagnética, transmitida em ondas através do éter. Sustentou também que o comprimento de onda da luz ocupava apenas pequena extensão do espectro de ondas eletromagnéticas, antecipando que outros tipos de ondas eletromagnéticas, de diferentes comprimentos de onda, logo seriam descobertos.

Essas descobertas foram confirmadas em 1888 pelo físico alemão Heinrich Hertz, que descobriu as ondas de rádio. Estas se comportavam exatamente da mesma maneira que o calor e a luz, todos exibindo propriedades ondulatórias. Hertz foi o primeiro a transmitir e receber as recém-descobertas ondas de rádio, mas infelizmente morreu de septicemia, em 1894, antes de conseguir dar um uso prático à sua descoberta. Caberia ao físico ítalo-irlandês Marconi desenvolver a aplicação prática da descoberta de Hertz. A obra de Hertz corroborou ainda mais a teoria ondulatória da luz, confirmando a suspeita de Maxwell de que as forças elétricas e magnéticas deslocavam-se através do éter à mesma velocidade da luz.

Infelizmente, surgiam agora dúvidas acerca do éter, sobre o qual toda a teoria ondulatória da luz parecia repousar. Não apenas o éter tinha de preencher todos os espaços e permear todos os corpos, mas, para transmitir ondas de luz, deveria ser uniformemente consistente e rígido.

Em 1887, o cientista naval americano Albert Michelson e seu colaborador Edward Morley conduziram um experimento que tinha por objetivo medir a velocidade da Terra, o que esperavam fazer mostrando o efeito do movimento da Terra através do éter estático. Descobriram, porém, que tal efeito não existia, o que levou cientistas que acompanhavam o experimento a questionar a existência do éter. Apesar de sua incrível capacidade de difusão, alguém já tivera alguma prova concreta da existência dessa substância invisível? Algum registro em um experimento? Sem o éter, no entanto, que meio conduziria as ondas de luz através do espaço?

Apesar de todo o trabalho de Maxwell, e da confirmação aparentemente conclusiva de Hertz, fatos novos começaram a surgir parecendo contradizer a teoria ondulatória da luz. Um efeito fotoelétrico foi observado quando certos sólidos eram atingidos pela luz. Esse efeito traduzia-se em uma emissão de elétrons. Descobriu-se especificamente que, quando a luz ultravioleta incidia sobre certos metais, provocava uma emissão mensurável de elétrons. O físico alemão Phillipp Lenard explicou esse fenômeno sugerindo que esses fotoelétrons, como eram conhecidos, eram extraídos do metal pelo impacto da onda de luz incidente. Se fosse esse o caso, um aumento da intensidade da luz certamente provocaria um aumento da velocidade dos elétrons dispersados. Mas não era o que acontecia. Ao contrário, um número maior de elétrons era emitido, mas à mesma velocidade. Lenard descobriu então um fenômeno

ainda mais estranho. Quando ele alterava a cor da luz (ou, em outras palavras, mudava sua freqüência de onda), *isso* afetava a velocidade dos elétrons emitidos. À medida que a freqüência era aumentada, o mesmo acontecia com a velocidade dos elétrons emitidos.

Esses fenômenos – somados a outros correlatos e que indicavam discrepâncias na teoria ondulatória – foram pesquisados pelo físico alemão Max Planck, em Berlim. Plank empenhou-se numa descrição matemática desses fenômenos, o que o levou a resultados cada vez mais estarrecedores, os quais pareciam contradizer os princípios básicos da física clássica tal como haviam sido compreendidos desde a época de Newton, duzentos anos antes.

Em 14 de dezembro de 1900, Planck chegou a significativa conclusão. No final daquele dia, enquanto caminhava pelo bosque Grunewald, nos arredores de Berlim, anunciou a seu jovem filho: "Hoje, fiz uma descoberta tão importante quanto a de Newton … Dei o primeiro passo para além da física clássica." De acordo com as descobertas de Planck, quando a luz atingia a matéria, não era absorvida ou emitida em fluxo contínuo, como sugeria o senso comum (bem como as teorias ondulatória e corpuscular – em sua versão clássica – da luz). Ao contrário, era emitida ou absorvida em pacotes individuados de energia, muito semelhantes às partículas. A esses pacotes de energia ele deu o nome "quanta", do latim *quanto*. O tamanho desses quanta era relacionado à freqüência de onda da luz.

A luz parecia ser auto-contraditória, consistindo, ao mesmo tempo, tanto em ondas quanto em partículas, o que era literalmente inconcebível, fazendo com que Planck se recusasse a avançar no sentido de uma possível reforma conceitual. Ele sustentava que sua teoria apenas descrevia a *relação* entre luz e matéria. Não se aplicava à *natureza* da luz propriamente dita. Estava certo de que os pacotes individuados de energia – os quanta – de alguma forma se compunham para se transformar em ondas, quando viajavam afastados da matéria. Mas era incapaz de explicar como isso acontecia. A teoria quântica começara, mas, até mesmo para seu criador, permanecia em grande parte inexplicável.

Foi Einstein quem afinal ofereceu solução para esse problema. Planck, na interpretação de seus potencialmente contraditórios quanta – que sugeriam comportamento corpuscular para um fenômeno tido como ondulatório –, experimentava também uma contradição: estava certo e errado. Os quanta de fato explicavam a luz em interação com a matéria; porém, mais que isso, também explicavam a própria natureza da luz. Einstein elaborou sua idéia, com argumentos físico-matemáticos precisos, em seu histórico artigo, datado de 1905, "Sobre um ponto de vista heurístico acerca da produção e da transformação da luz". O próprio Einstein pode ter considerado tudo isso "bastante revolucionário", mas manteve-se estranhamente especulativo. Admitia que sua opinião era "irreconciliável com os princípios estabelecidos … talvez até fundamentalmente insustentável".

De acordo com Einstein, a luz devia ser tratada, para alguns objetivos, como partículas independentes bastante semelhantes a um gás, mas com massa de repouso nula. Nesses casos, a luz consistia de quanta (mais tarde chamados fótons). Mas, em contrapartida, havia outros casos em que a luz exibia comportamento ondulatório, devendo então ser tratada como se consistisse apenas em ondas.

Planck detectara uma nova anomalia, que se estendia além do alcance da física clássica. A solução de Einstein significava o fim definitivo da visão clássica da física, no que dizia respeito à luz. Além disso, e pior, desafiava as regras da lógica. Tudo indicava que a luz contivesse duas naturezas simultaneamente contraditórias. Como poderia algo consistir em

partículas discretas e, também, ser uma onda, com comprimento de onda mensurável? A ciência ingressara numa nova era, que extrapolava o senso comum. Em casos assim, a Ciência não procurava necessariamente entender o que acontecia, mas apenas descrevê-lo – com métodos (contraditórios ou não) que pudessem ser *utilizados* para explicar fenômenos e gerar conhecimentos futuros.

O "ponto de vista heurístico" de Einstein (baseado mais em fenômenos observados do que em teorias abrangentes) explicava o efeito fotoelétrico e descartava o éter. A luz, propagando-se como quanta, se comportava como um conjunto de partículas, as quais, diferentemente das ondas, não precisavam de qualquer meio para serem transmitidas. Confirmando a suspeita de muitos, não havia agora qualquer necessidade dessa substância indetectável. (O desastrado experimento de Einstein na universidade, visando detectar o éter, podia ter provocado a explosão que ferira sua mão, mas agora, afinal, ele se vingava, abolindo por completo o éter.)

A nova teoria da luz de Einstein também explicava certas anomalias surgidas na física clássica. Essa visão mecânica do mundo não era, evidententemente, fundamental. Embora a opinião de Einstein sobre a luz tivesse curiosa semelhança com a formulação inexata de Newton duzentos anos antes, ela decretou o começo do fim da física newtoniana. A argumentação físico-matemática de Einstein preparou o cenário para a teoria quântica e tornou a concepção original de Planck (quanta) fundamental para a própria natureza da luz.

Contudo não era esse o ponto de vista de Planck, que, aferrando-se às suas armas, sustentou que os quanta referiam-se apenas à luz em interação com a matéria. Até 1912, Planck ainda atacava o "ponto de vista heurístico" de Einstein em suas aulas na Universidade de Berlim. E não era o único. Poucos cientistas dispunham-se a acreditar que a ciência poderia desafiar a lógica dessa forma. Apenas em 1915 a teoria da luz de Einstein passou a ser aceita, à medida que as provas experimentais a seu favor tornaram-se cada vez mais inquestionáveis. Por volta dos anos 20, a teoria quântica começava a emergir como uma das grandes conquistas do século XX. Planck recebeu o Prêmio Nobel em 1919, e Einstein, dois anos depois. (Einstein recebeu essa honraria máxima por seu trabalho sobre a luz e sobre os quanta, não pela relatividade.) No campo prático, a teoria da luz de Einstein desempenharia um papel decisivo no desenvolvimento da televisão. Mas sua aplicação mais conhecida hoje reside no "olho eletrônico", uma célula fotoelétrica que abre portas automaticamente, muito comum em elevadores. Quando criança, Einstein ficara acordado na cama se perguntando como a força magnética atravessava o espaço; vinte anos mais tarde, sua explicação desse fenômeno transformou a física.

"Uma nova determinação do tamanho das moléculas" (*Eine neue Bestimmung der Molekuldimensionen*) foi o segundo artigo de Einstein publicado no famoso Volume 17 dos *Annalen der Physik* (correm rumores de que uma cópia rara desse trabalho mudou recentemente de mãos por mais de US$ 10.000,00). Esse segundo artigo de Einstein delineia um método para descrever o tamanho de uma molécula de açúcar e foi corretamento descrito como "uma sardinha no meio das baleias representadas pelos três outros artigos".

Após essa digressão, Einstein voltou a temas mais fundamentais. Seu artigo seguinte intitulou-se "Sobre o movimento de pequenas partículas suspensas em um líquido estacionário, segundo a teoria cinética molecular do calor" (Ü*ber die von der Molekularkinetischen Teorie der Warme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen*). O estudo de líquidos turvos parecia uma área pouco

promissora para descobertas científicas de abalar a Terra, mas a propensão de Einstein em chegar à própria raiz dos problemas modificou esse quadro.

Mais uma vez, um pequeno relato refaz necessário. Em 1828, o naturalista escocês Robert Brown começou a observar o pólen em suspensão na água, ao longo de suas pesquisas em botânica. Quando utilizou o microscópio, percebeu que as partículas individuais de pólen exibiam um contínuo ziguezague, movimentos aparentemente aleatórios. Era como se estivessem vivos. Mas, quando substituiu o pólen orgânico por um pó inorgânico, observou exatamente o mesmo efeito. Brown parecia ter tropeçado em um exemplo dessa conhecida impossibilidade científica: o movimento perpétuo. Brown ficou perplexo diante do fenômeno, denominado Movimento Browniano em sua homenagem, o qual continuou deixando estarrecida a comunidade científica durante todo o século XIX.

Quando Einstein estudou o movimento browniano ficou intrigado com seu aparente desafio às leis da física e formulou, como de praxe, uma solução ousada e original. Segundo a teoria cinética molecular do calor, as moléculas invisíveis do líquido permaneciam em movimento, movimento esse que se intensificava à medida que aumentava a temperatura do líquido. Na opinião de Einstein, o comportamento aparentemente aleatório das partículas suspensas devia-se, na realidade, ao fato de elas serem bombardeadas pelas moléculas invisíveis que formavam o líquido. Essa idéia era particularmente ousada, já que vários cientistas de renome ainda não estavam convencidos de que as moléculas e os átomos de fato existiam. (Essas entidades ainda desafiavam todas as tentativas de observação. Tal como acontecia com o indetectável éter, ninguém jamais vira uma molécula.) Einstein, porém, dessa vez deu um passo adiante e determinou-se a *provar* a existência dessas moléculas invisíveis. Fazendo uso da mecânica estatística, chegou a prever o número exato de moléculas, dada uma quantidade qualquer de líquido.

Um mero esboço de como conseguiu fazer isso nos dá uma noção das complexidades encontradas. Um objeto na água (ou em qualquer líquido ou gás) sofre um bombardeio contínuo das moléculas daquele líquido ou gás. Estatisticamente, a quantidade de moléculas que bombardeiam ao acaso um objeto grande será a mesma em qualquer direção – e o objeto não será deslocado. No entanto, um objeto muito menor, como uma partícula de pólen, é passível de ser impelido primeiro numa direção, depois noutra, devido ao ligeiro excesso de moléculas que o bombardeiam a partir de uma direção qualquer. Para descrever esse efeito, Einstein elaborou uma fórmula, segundo a qual o desvio padrão – uma medida da média de deslocamento – das partículas visíveis em uma direção qualquer aumentava na proporção da raiz quadrada do tempo de observação. Se a distância coberta pelas partículas nesse tempo fosse medida, seria então possível calcular o número de moléculas invisíveis dentro de um determinado volume de líquido ou gás. Dessa forma, Einstein calculou que um grama de hidrogênio molecular contém $3,03 \times 10^{23}$ (ou seja, aproximadamente um terço de milhão de milhões de milhões de milhões) de moléculas.

O artigo de Einstein não apenas objetivava provar a existência das moléculas, mas também mostrar a densidade de sua ocorrência e mapear seu comportamento.

A demonstração teórica de Einstein seria confirmada três anos mais tarde em experimentos práticos levados a cabo pelo físico-químico francês Jean Perrin. Os experimentos realizados por Perrin sobre o movimento browniano da goma-guta (uma resina amarelada) na água eram a primeira demonstração prática da existência física dos átomos.

Suas experiências também revelaram a notável exatidão dos cálculos puramente teóricos de Einstein.

Essa confirmação experimental do trabalho de Einstein realça um traço essencial de sua metodologia. Ali estava a nova abordagem científica do século XX, tão característica a seu modo quanto o cubismo e a música atonal. O século XIX testemunhara o crescimento de muitos ramos da ciência, da infância à maturidade plena. Durante esse período, o método científico fora em grande parte empírico. Imensos progressos haviam sido alcançados pela experimentação, pela observação e pelo uso de engenhosos aparatos. O método de Einstein, porém, não era experimental. Ao contrário. Ele era um teórico convicto e incorrigível. A experimentação viria mais tarde, revelando fatos que se encaixavam em suas teorias. O antigo método de construir teorias a partir de fatos amparados por evidências experimentais era por demais lento e prosaico para Einstein. Sua mente preferia avançar e confrontar-se com as últimas possibilidades, muito além do alcance da experimentação.

Einstein não estava só ao adotar esse enfoque. Esse seria o método do século vindouro. (Comprovou-se, com razoável detalhamento, que as explosões atômicas e a ida de foguetes à Lua eram teoricamente possíveis muito antes de tais fatos terem ocorrido.) O gênio da régua de cálculo, não mais o técnico de laboratório, se colocava agora no limite extremo da ciência.

Nos artigos anteriores, Einstein demonstrara a natureza da luz e a existência dos átomos, duas entidades fundamentais. Ao fazê-lo, revolucionara completamente a forma pela qual a ciência olhava o mundo. Esses *insights* únicos teriam sido suficientes para firmá-lo como uma das mais importantes mentes científicas de sua era. Mas agora ele dera de fato um passo adiante. Reuniu seus *insights* desses mundos microscópicos e produziu uma teoria macrocósmica que transformou o universo. Esse feito o consolidaria como um dos intelectos mais criativos da história humana (ao lado de gente como Newton e Beethoven).

Einstein tinha apenas 26 anos e, na aparência, era apenas um funcionário pobre, de categoria inferior, no Escritório de Patentes em Berna. Podia até ter escrito algum artigo científico ocasional em seu tempo livre, mas não era de forma alguma reconhecido sequer pela comunidade acadêmica local.

Durante todo o seu *annus mirabilis*, Einstein trabalhou em um virtual isolamento. Precisamente dois séculos antes, Newton experimentara um ano semelhante de criatividade miraculosa, durante o qual também elaborou grande parte de sua obra capital. Tinha mais ou menos a mesma idade de Einstein e fugia da peste, vivendo em isolamento no campo. Mas Newton não tinha que ir ao trabalho todos os dias e não morava em um apartamento pequeno com uma esposa e um bebê. A façanha intelectual de Einstein parece não ter paralelo na história da mente humana. A justificativa para essa hipérbole só se revela com o aparecimento do quarto artigo.

Há algum tempo, Einstein vinha refletindo sobre como chegar a certezas nas formulações físicas de grande magnitude. Devia haver, certamente, alguma escala fundamental em relação à qual todas as quantidades variáveis pudessem ser medidas. Caso contrário, tudo se tornava simplesmente relativo – dependendo do referencial de onde se olhasse.

Ao contrário da imagem popular, Einstein não se limitou a meditar sobre esses temas em êxtase contemplativo profundo (durante o qual todos os tipos de extravagâncias ocorriam por distração). Agradava-lhe cultivar essa imagem entre seus colegas, mas a verdade não era tão tranqüila. Ele era um pensador apaixonado que, privadamente, admitia que longos períodos de

reflexão teórica profunda provocavam-lhe "tensão psíquica … acompanhada por todos os tipos de conflitos nervosos". Na primavera de 1905, Einstein encontrou-se mergulhado na mais turbulenta crise que já experimentara.

Em suas caminhadas de volta do Escritório de Patentes, costumava testar suas idéias com Besso, mas logo ficou claro que seus pensamentos enveredavam por um domínio em que os comentários de Besso já não lhe eram úteis. Passou então a caminhar pelas ruas e arcadas medievais de Berna, freqüentemente absorto, perambulando pelo rio e afastando-se em direção aos campos próximos. Em uma dessas ocasiões, só voltou a si quando se viu em uma alameda, ensopado até os ossos, no meio de uma tempestade.

Parte do talento excepcional de Einstein residia em sua capacidade de refletir sobre os mais complexos problemas e fórmulas e perceber os princípios fundamentais sobre os quais estes se sustentam. A partir daí, tentava todos os tipos de dedução em busca de princípios cada vez mais fundamentais. Durante toda a primavera de 1905, o incessante esforço mental decorrente de tudo isso colocou Einstein à beira de um colapso. Estava exausto, tanto mental quanto fisicamente. Não conseguia se alimentar de forma adequada e não conseguia dormir de forma adequada. Pior ainda, não importava como concentrasse sua mente, seus pensamentos permaneciam fragmentados. Por mais que tentasse, as peças se mostravam incompatíveis, recusando-se a se aglutinar em qualquer teoria coerente – que ele tinha certeza de que estava lá, em algum lugar. Chegara a um impasse: parecia não haver caminho à frente. Certo dia, retornando do Escritório de Patentes com Besso, afinal confessou: "Resolvi desistir – de toda a teoria."

Naquela noite, foi para a cama desesperado e aliviado ao mesmo tempo. Mergulhou num torpor, nem desperto nem adormecido. Na manhã seguinte, voltou a si em estado de extrema agitação. "Uma tempestade explodiu em minha cabeça", descreveu ele. E, no meio dessa tempestade, subitamente capturou a idéia que dele se esquivara por tanto tempo. Em suas próprias palavras, foi como se tivesse tido acesso aos "pensamentos de Deus".

Não se tratava de nenhuma comunicação pessoal com o Divino. Einstein sempre afirmou que não acreditava em um Deus pessoal. Mas, ao lado de vários dos maiores intelectuais da época (como Picasso, Wittgenstein e até Freud, ocasionalmente), continuou a usar o vocábulo Deus associado a grandes verdades colocadas no limite da compreensão humana. Apenas essa palavra parecia evocar o sentido de reverência aí contido. Einstein e Picasso, parece, experimentaram aquela profunda sensação do maravilhoso de que falam os grandes filósofos, de Platão a Kant.

Einstein narrou o que entendera da seguinte forma: "A solução me veio repentinamente, com a idéia de que nossos conceitos e leis do espaço e do tempo só podem reivindicar validade na medida em que permanecem em relação clara com nossas experiências; e que a experiência podia muito bem levar à alteração desses conceitos e leis. Mediante a revisão do conceito de simultaneidade para uma forma mais maleável, cheguei, assim, à teoria da relatividade especial." Essa simples síntese pode ser relativamente fácil de entender (se refletirmos sobre ela), mas o argumento físico-matemático e as fórmulas decorrentes da tentativa de prová-lo não o são. Esses últimos, Einstein explicitou em um artigo de 31 páginas intitulado "Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento" (ou, em seu histórico título em alemão: *Zur Electrodynamik bewegter Körper*).

Para entender a teoria da relatividade especial de Einstein (como ele a chamou), deve-se

ter em mente primeiro o sistema newtoniano que ela substituiu. Na realidade, para fins cotidianos, o sistema de Newton ainda corresponde em grande parte a nossa forma de ver o mundo. De acordo com Newton, tudo, dos planetas em órbita à maçã em queda, está sujeito à mesma lei: a força de gravidade. O universo é visto como algo lógico, com leis coerentes, independentemente do local e das circunstâncias em que são aplicadas. Os alicerces desse senso comum são o espaço e o tempo. Como o próprio Newton declarou de modo tão seguro em seus *Principia*: "O tempo absoluto, verdadeiro e matemático, dele próprio e a partir de sua própria natureza, flui de modo equitativo, sem relação com qualquer coisa exterior, e é conhecido também como duração." Da mesma forma, "o espaço absoluto, em sua própria natureza, sem relação com qualquer coisa exterior, permanece sempre semelhante e inamovível". Em outras palavras, espaço e tempo são absolutos. E assim parecia ser.

Quando alguém cometia a temeridade de questionar Newton sobre esse assunto, ele o encaminhava a Deus. Era assim que as coisas eram. Era simplesmente assim que o universo tinha sido organizado. Mas, por quê? Como podia Newton saber? Cabe à pesquisa científica fazer essas perguntas. A autoridade de Newton, porém, era tão grande que poucos ousavam fazê-las. O ataque viria de uma outra frente. Mesmo quando evidências experimentais começaram a revelar discrepâncias na avaliação newtoniana do universo, de início poucos pensaram em questionar o edifício da física clássica como um todo.

A física clássica de Newton lidava com o movimento relativo de modo bastante satisfatório. Um marinheiro deitado em sua rede poderia se considerar estático em relação a seu navio; mas, para alguém no litoral, vendo o navio a todo pano, o marinheiro teria uma velocidade relativa. Da mesma forma, o observador estático, no litoral, adquiriria grande velocidade relativa se visto do espaço exterior, já que ele absorveria a velocidade da Terra se movimentando pelo espaço. Mas aí terminava a relatividade, uma vez que o espaço era estático e inamovível (assim como o éter invisível que o preenchia). Era esse o padrão absoluto de referência, junto com o tempo absoluto.

Somente na década de 1860, esse estado de coisas foi seriamente questionado pela teoria das ondas eletromagnéticas de luz de Maxwell (que desempenha papel decisivo no artigo de Einstein sobre a luz). A teoria de Maxwell revelava um problema com a mecânica clássica de Newton, no que dizia respeito à velocidade da luz sobre objetos em movimento. Poderia a velocidade da luz não ser afetada pela velocidade do observador ou pela velocidade de sua fonte? Isso parecia ser confirmado pelo famoso experimento de Michelson-Morley, em 1887, visando medir a velocidade da Terra através do éter. Como vimos, o experimento levantou dúvidas sobre a existência do éter estático difuso, mas teve também outras conseqüências. Em essência, o objetivo era medir a velocidade da luz (s) e depois medir a velocidade da luz quando incidisse sobre a Terra na direção do movimento da Terra. A segunda medida, portanto, seria a velocidade da luz menos a velocidade do movimento da Terra ($s - m$). Subtraindo uma da outra, teríamos a velocidade da Terra: $s - (s - m) = m$. No entanto, surpreendentemente, descobriu-se que a velocidade da luz era a mesma em ambos os casos. A velocidade da Terra parecia não fazer diferença para a velocidade da luz. Mas aquilo não podia estar certo. Desafiava o senso comum (para não mencionar a física newtoniana).

Mais ou menos ao mesmo tempo, Mach começava a questionar as idéias de espaço e tempo absolutos de Newton. A insistência de Mach em provas e fatos experimentais reduziram as idéias newtonianas a "meros conceitos mentais que não podem ser reproduzidos

experimentalmente".

Antes da virada do século, o maior matemático da época, o francês Poincaré, também lançou dúvidas acerca das noções de espaço e tempo absolutos. Engenhosamente, argumentou que se numa noite, enquanto todos dormissem, as dimensões do universo repentinamente se tornassem mil vezes maiores, o universo permaneceria absolutamente similar. Como seríamos capazes de relatar o que ocorrera? Como seríamos capazes de determinar essa mudança nas dimensões? Não seríamos. O conceito de espaço é, portanto, relativo ao referencial a partir do qual ele é medido. A física clássica se aproximava de uma crise e Poincaré tinha bastante consciência disso. Ele sugeriu: "Talvez devêssemos construir uma mecânica inteiramente nova em que … a velocidade da luz se tornasse um limite intransponível." Poincaré recuou dessa posição, que ameaçava lançar todo o conhecimento científico no caos. Mas Einstein não.

Foi Einstein quem afinal descobriu uma solução para as muitas anomalias que tinham então sido detectadas na física clássica. Realizou a façanha de formular uma teoria que não apenas dava conta dessas anomalias, mas, nesse processo, propunha uma explicação totalmente nova do universo. Em essência, fez isso sugerindo que a velocidade da luz através do espaço é constante – independentemente de a fonte de luz ou o observador estarem em movimento. Ao mesmo tempo, sustentou que não há nada que se possa chamar de movimento absoluto, o que significa que também não existe ausência absoluta de movimento, e, assim sendo, toda velocidade é relativa ao referencial específico que a define (embora a velocidade da luz, sendo constante, seja sempre a mesma, qualquer que seja a referência).

Até aí, tudo certo: a primeira asserção explicava o experimento de Michelson-Morley e a segunda dava conta das anomalias, como as apontadas por Poincaré. Mas, como fica bastante evidente, as duas afirmações de Einstein parecem contraditórias. Como pode deixar de existir o movimento absoluto, se a velocidade da luz é *sempre* a mesma?

Einstein recobrara o ânimo. Havia uma forma de as duas hipóteses serem verdadeiras, o que significaria aceitar que tanto o espaço quanto o tempo eram relativos. Mas, como se daria isso? Poincaré mostrara como o espaço era relativo; e, por trás de seu exemplo de um universo desdobrado em mil, havia a implicação de que o tempo também era relativo. Einstein confirmou isso e enfrentou suas terríveis conseqüências.

Segundo Einstein: "todos os nossos juízos, nos quais o tempo desempenha um papel, são sempre juízos de *eventos simultâneos*. Consideremos, por exemplo, quando digo: 'Aquele trem chega aqui às sete horas.' O que quero dizer de fato é algo como: 'O ponteiro pequeno de meu relógio apontado para o sete e a chegada do trem são eventos simultâneos'." Einstein sugeriu que era possível vencer essas dificuldades simplesmente substituindo a palavra "tempo" por "a posição do ponteiro pequeno do meu relógio". E isso só é adequado quando estamos falando do lugar onde o relógio está localizado. "Mas não mais se aplica quando tentamos ligar no tempo uma série de eventos que estejam ocorrendo em lugares diferentes", explicava. "Tampouco é satisfatório para relacionar horários de eventos em lugares distantes daquele do relógio."

Einstein sempre preferiu a teoria à experimentação. Também preferia o raciocínio à matemática. A primeira quarta parte de seu artigo sobre a teoria da relatividade especial é praticamente desprovida de fórmulas matemáticas e estas, de modo algum, constituem o grosso do restante do artigo. Um dos maiores talentos de Einstein residia em sua capacidade de visualizar, da maneira mais simples, complexas situações matemáticas. Por exemplo, sua

reflexão sobre a relatividade tinha sido estimulada enquanto ia para o trabalho certo dia, de bonde, olhando distraidamente para trás, onde ficava localizada a famosa Torre do Relógio medieval de Berna. O que teria ele visto se o bonde estivesse viajando à velocidade da luz? De acordo com a teoria da relatividade especial, que estava desenvolvendo, o relógio na torre pareceria ter parado. Enquanto isso, o relógio em seu bolso continuaria a se movimentar para a frente (embora, na realidade, se movimentasse mais devagar. Uma conseqüência da teoria de Einstein foi que, à medida que a velocidade se aproximava da velocidade da luz, o tempo se tornava mais lento, chegando a zero na velocidade da luz.) O tempo não era de modo algum o mesmo para todos os observadores quando as velocidades se aproximavam da velocidade da luz.

Isso, no entanto, induz à objeção óbvia: mas e o tempo "real"? A Torre do Relógio e o relógio deveriam obviamente estar de acordo com relação ao tempo "real". Mas, como Einstein já havia argumentado, não existe tempo "real". O tempo absoluto não existe. O tempo somente se aplica ao local em que está sendo medido. *Não existe outra forma de medi-lo*.

Após concluir seu artigo sobre a teoria da relatividade especial, Einstein começou a trabalhar suas implicações matemáticas, as quais apontavam para alguns resultados ainda mais surpreendentes, sobretudo quando o princípio da relatividade era aplicado às equações que Maxwell formulara para sua teoria eletromagnética da luz. Einstein mostrou que, quando uma partícula se movimentava a velocidades cada vez mais próximas à da luz, sua massa aumentava, exigindo quantidades sempre maiores de energia para acelerá-la.

Por volta de 1906, Einstein chegou a uma constatação crucial, que não apenas proporcionou um *insight* complementar à natureza dos quanta, mas também significou um avanço ainda mais sensacional. Parecia que os quanta da luz eram simplesmente partículas que de alguma forma haviam se livrado de sua massa e se tornado uma forma de energia viajando à velocidade da luz. Massa, energia e velocidade da luz estavam de algum modo ligados.

Einstein teria agora de pagar pela arrogância de seus anos de estudante. Ele simplesmente não conseguia desbravar a matemática que o assunto exigia. Foram necessários quase dois anos – de grandes progressos, dificultados pela falta de técnica e por tropeços ocasionais – para que ele finalmente desse à luz sua celebrada fórmula explicitando o vínculo que sabia existir. Ou seja: $E = mc^2$, onde E é energia, m é massa e c é a velocidade da luz. Essa fórmula teve literalmente o efeito de um terremoto. Pressupunha que a matéria é energia "solidificada" e que, se a massa pudesse de algum modo ser convertida em energia, uma pequena quantidade de massa liberaria uma excepcional quantidade de energia. A velocidade da luz é aproximadamente 300.000 quilômetros por segundo. Assim, se convertermos a fórmula de Einstein em $m = E/c^2$, isso significa que uma unidade de massa liberará 90.000.000.000 de unidades de energia.

Aí estava contida a chave de várias questões que haviam perturbado os cientistas por algum tempo. Por exemplo, parecia explicar como o Sol e as estrelas eram capazes de emitir tamanhas quantidades de calor e de luz durante milhões de anos. De alguma forma, sua matéria estava sendo convertida em energia. Mas, como? Experimentos conduzidos pela física franco-polonesa Marie Curie, em 1898, haviam revelado que uma onça de rádio liberava 4.000 calorias por hora, indefinidamente. O rádio era um elemento radioativo; era instável e decaía para se transformar em radon, liberando energia ao longo do processo. A fórmula de Einstein explicava *o que* acontecia; Marie Curie percebeu *como* acontecia. Mas, vinte e cinco anos

ainda se passariam antes que a fórmula de Einstein pudesse ser verificada. Ele considerava sua famosa fórmula o maior progresso decorrente de sua teoria da relatividade especial, mas, naqueles primeiros dias, não tinha idéia de como ela poderia ser colocada em prática.

De volta a 1905. Einstein terminou seu artigo sobre a teoria da relatividade especial e enviou-o aos *Annalen der Physik*, onde foi publicado em 26 de setembro de 1905. Como qualquer outro jovem que tivesse acabado de produzir o que considerava obra de gênio, sentou-se para aguardar a admiração perplexa do mundo. Tais honras, porém, são poucas e raras – tão poucas e raras como os gênios autênticos, embora, infelizmente, as duas coisas raramente coincidam. E essa não seria uma exceção.

Por diversos meses, nada aconteceu. Teria ele cometido algum erro simples de cálculo? Seria possível isso ter ocorrido em seus três mais importantes artigos? O final do verão transformou-se em outono, o outono virou inverno. Einstein mais uma vez começou a rachar lenha para o fogo e a carregar sacos de carvão para o fogão fumacento. Foi quando, no Ano Novo, recebeu uma carta de Max Planck, pedindo esclarecimentos para alguns cálculos do artigo sobre a relatividade. Soube imediatamente que a importância de seu trabalho fora reconhecida por um dos grandes cientistas da época. Outros reconhecimentos com certeza viriam. A despeito disso, demoraram a chegar. Suas idéias eram tão revolucionárias, e tão contrárias ao senso comum, que muitos não as levariam (ou não poderiam levá-las) a sério. Não era fácil para os físicos aceitar o fim da física, tal como a haviam conhecido.

Enquanto isso, continuava a trabalhar no Escritório de Patentes, parando de vez em quando em um café para discutir suas idéias com Besso. O café era por acaso um dos pontos favoritos do corpo científico da universidade, mas Einstein permanecia ignorado pelos acadêmicos sentados às outras mesas. Procurava então ampliar sua teoria da relatividade de modo que ela pudesse explicar a gravitação, o que era tarefa quase tão complexa e ambiciosa quanto o próprio conceito de relatividade – mas dizia respeito a um tópico sobre o qual ele refletira profunda e longamente durante muitos anos.

Um dos que rapidamente reconheceram o trabalho de Einstein foi Minkowski, seu antigo professor de matemática na Politécnica de Zurique (que se referira a ele como cão preguiçoso). De fato, a obra de Einstein começava agora a sofrer da sua falta de aplicação em matemática durante o tempo de estudante. A teoria da relatividade especial deixou muitas lacunas a serem preenchidas e muitos caminhos a serem explorados, vários deles sendo mais matemáticos do que físicos.

Para começar, tornou-se claro que a geometria tridimensional já não era capaz de descrever o universo. Uma nova forma de geometria fazia-se necessária. Em 1907, Minkowski escreveu um livro intitulado *Espaço e tempo*, no qual deixava claro que o tempo deveria ser tratado como uma quarta dimensão. Demonstrou que nem o tempo nem o espaço podiam ser vistos como tendo existências separadas. O tempo não existia isolado do espaço ao qual se referia; da mesma forma, o espaço não existia exceto no tempo. O universo tinha que ser visto como decorrência da fusão "espaço-tempo". Minkowski criou ainda a matemática que sustentava suas idéias.

Tudo isso se evidenciou como inspiração e estímulo para Einstein. Outros começavam a invadir seu território. Mas os cálculos de Minkowski propiciaram-lhe um profundo *insight*. Subitamente, percebeu como era possível incorporar a gravitação à relatividade. Newton havia considerado a gravidade como a força que atraía os objetos uns aos outros. Mas e se os

objetos, ao contrário, se movimentassem em um campo gravitacional? A matéria podia então fazer com que o espaço se curvasse. Einstein considerou essa inspiração "o pensamento mais feliz de minha vida". Nascera a teoria da relatividade geral – embora mais de seis anos ainda tenham se passado antes que o trabalho fosse concluído.

Einstein, afinal, conseguiu assegurar um cargo acadêmico. Mas, até para isso, precisou da ajuda dos amigos. Seu antigo colega Adler, o idealista político, foi nomeado professor-adjunto na Universidade de Zurique, mas, ao descobrir que Einstein também se candidatara ao cargo, renunciou altruisticamente, comentando: "Se é possível conseguir um homem como Einstein para a universidade, é absurdo nomear-me."

Em 1909, os Einstein mudaram-se de novo para Zurique, onde seu segundo filho, Edouard, nasceu no ano seguinte. Mileva sentiu-se mais à vontade, de volta à cidade onde estudara, e Einstein assumiu sua cátedra de professor. Os alunos ficaram de início perplexos diante da visão do homem jovem e descuidado, de calças pescando siri e cabelo comprido, de pé, timidamente, ao lado da plataforma, segurando um cartão de visitas amarfanhado. Esse cartão de visitas eram as notas de aula de Einstein, que ele logo ignorou – preferindo seguir o trilho de seu pensamento. Após a aula, convidaria seus alunos para continuar a discussão no Café Terrasse, localizado na esquina.

Em 1911, foi oferecido a Einstein o cargo de professor-titular na Universidade Alemã de Praga, onde as coisas permaneciam, em grande parte, como antes. Quando chegou pela primeira vez ao portão, o porteiro pensou tratar-se do eletricista que viera para instalar as lâmpadas. Einstein sentia-se contente por estar recebendo um salário maior, mas Mileva estava profundamente chateada por ter que deixar Zurique. Refugiou-se em si mesma e Einstein fingiu não perceber, mergulhando no trabalho. Sua reputação começava então a se espalhar pela comunidade acadêmica e ele viajava com freqüência para dar conferências, explicando suas novas teorias. Mileva comentava que ele se ausentava tanto que era de se estranhar que ainda a reconhecesse.

Numa viagem para uma conferência em Berlim, em 1912, reencontrou sua prima Elsa Löwenthal, a quem vira pela última vez vinte anos antes em Munique. Elsa era cinco anos mais velha do que Einstein: uma tranqüila *Hausfrau* de 38 anos, recém-divorciada, com duas filhas adolescentes. Era maternal, ao invés de brilhante. Míope, lia os jornais quase encostando-os ao rosto. Era uma mulher prática, de atitudes provincianas, que nada sabia de ciência. Nem de longe o tipo de Einstein – mas deve ter vibrado alguma corda nele. Começaram a se corresponder.

Possivelmente por conta de suas relações na infância, Einstein mostrou-se incomumente desembaraçado desde o início. Contou a Elsa a velha e costumeira estória de como sua mãe nunca o amara de fato e depois acrescentou que sempre precisara de alguém que pudesse amar. Logo em seguida, revelou a Elsa que agora ela desempenharia esse papel. Ela parece ter respondido na mesma moeda – mas Einstein, então, começou a ficar apreensivo. Em seu isolamento, Mileva tinha-se tornado ciumenta. A correspondência entre Einstein e Elsa continuou esporadicamente. Ela escrevia para seu local de trabalho e fazia-o prometer que destruiria tudo que recebesse dela. Einstein pode ter bancado o professor distraído, mas não se esqueceu de queimar as cartas de Elsa.

Em 1914, Einstein foi nomeado Diretor de Física do Instituto Kaiser Wilhem Institute em Berlim. Aos 35 anos, tinha finalmente alcançado o sucesso acadêmico. O Instituto Kaiser

Wilhelm era um dos melhores do mundo científico e, entre vários colegas eminentes, estava Max Planck. Einstein poderia continuar ali suas pesquisas sem ser incomodado, sendo solicitado apenas para alguma eventual aula na Universidade de Berlim. Para cumprir exigências do Instituto, tornou-se cidadão alemão.

Mileva odiava a Alemanha mais do que Praga. Após três meses, partia para Zurique, levando as duas crianças com ela. O casamento parecia ter sucumbido irremediavelmente. Einstein ficou inconsolável com a separação dos dois filhos. Mandou a mobília de Berlim para o apartamento de Mileva em Zurique, prometeu mandar dinheiro a cada três meses para sustentá-la e organizou sua vida de solteiro na casa totalmente desguarnecida. Elsa morava no mesmo bairro e, de vez em quando, fazia alguma refeição com ele, nada mais. Ele se comportava como de hábito e trabalhava a todo vapor.

Porém, dessa vez, aconteceu algo que nem mesmo Einstein pôde ignorar. Em agosto de 1914, eclodiu a Primeira Guerra Mundial. A Alemanha (como os demais países combatentes por toda a Europa) foi varrida por um delírio jacobino: colunas de tropas, marchando para o *front*, eram aplaudidas pelas ruas – sem suspeitar, na sua alegria, da carnificina que os aguardava. Einstein estava aterrorizado. Até o Instituto se envolveu. Alguns de seus colegas foram requisitados para produzir um gás venenoso eficiente.

Einstein retirou-se para seu sótão vazio, de onde muitas vezes não saía dias a fio, para continuar a trabalhar na teoria da relatividade geral. Suas poucas visitas comentavam o assoalho sem carpete. Não havia livros nas estantes; em seu lugar, cópias espalhadas dos mais recentes periódicos científicos e várias folhas de papel repletas de cálculos cobriam o chão. O próprio Einstein muitas vezes aparecia à porta descalço, e tudo indica que dormia debaixo de um cobertor velho. Seu cabelo começava a ficar grisalho e foi nessa época que se transformou na juba desgrenhada que, em seus últimos anos, foi tão cara aos cartunistas. Uma de suas raras visitas descreveu-o como semelhante a “um leão hirsuto e arisco, que acabou de levar um enorme choque elétrico”. As refeições eram irregulares e preparadas de um modo simples: tudo cozido junto na mesma panela. Um dia, a filha de Elsa passou para visitá-lo e encontrou-o cozinhando um ovo (com a casca suja de cocô de galinha) dentro da sopa. O efeito sobre seu aparelho digestivo era previsível e doloroso. Além de tudo isso, havia o turbilhão emocional de seu trabalho, que o levou bem perto de uma crise.

O que não chega a ser surpreendente. O trabalho a que Einstein se dedicava nesse período foi descrito como: “o maior feito do pensamento humano sobre a natureza, a mais surpreendente combinação de acuidade filosófica, física intuitiva e habilidade matemática”.

A precedente teoria da relatividade *especial* se aplicava a corpos que se deslocam uns em relação aos outros em movimento uniforme. A teoria da relatividade *geral* seria uma extensão capaz de abranger corpos que se deslocam em movimento relativo acelerado, como sob a ação da gravidade (quando a velocidade de um objeto que cai aumenta). Para que a generalização fosse possível, Einstein primeiro teve que descartar a noção clássica de Newton sobre a gravidade como uma força que atua entre dois corpos. Ao invés disso, via a gravidade como um campo de energia emanado da própria matéria. Quanto maior a quantidade de matéria, maior o efeito da energia gravitacional que ela transmitia.

Esse aspecto pode parecer de menor importância, mas a diferença é crucial. Newton baseara todo o seu universo sobre uma concepção errônea de gravidade. A visão newtoniana da gravidade como força significava que o efeito do Sol sobre os planetas e os efeitos dos

planetas sobre suas luas eram instantâneos. Mas, como vimos, de acordo com a teoria da relatividade especial, *a uma velocidade maior que a da luz*. Como os planetas se movimentam a aproximadamente 1/1000 da velocidade da luz, as diferenças entre os cálculos baseados nessas duas concepções conflitantes eram infinitesimais. Mas, não deixavam de ser diferenças: e apenas uma podia estar certa. O resultado era fundamental: apenas uma podia definir como o universo funcionava.

A opinião de Einstein continha outras implicações ainda mais alarmantes. Desde 1905, ele havia também estendido a teoria da luz, desenvolvendo a noção de que ela deveria ser vista tanto como partículas quanto como ondas. Mas, se a luz consistia em partículas, podia ser afetada quando atravessava um campo gravitacional. Em outras palavras, se a luz atravessasse um campo gravitacional forte era passível de ser curvada.

Toda a nossa noção de uma linha reta, porém, dependia da passagem da luz. Por exemplo, a menor distância entre dois pontos nesse campo curvo não seria uma linha reta. Assim como um avião fazendo o caminho mais curto entre Londres e Los Angeles, a luz faria uma curva.

Do mesmo modo, toda a nossa noção de velocidade máxima (assim como de espaço e de tempo) dependia da velocidade da luz. Se um feixe de luz era curvado ao passar por um campo gravitacional, isso significava que a viagem mais rápida entre dois pontos do feixe curvado se dava *ao longo* do feixe curvado. Em outras palavras, não havia *nenhuma* distância mais curta entre esses dois pontos do que a curva. (Era isso o que espaço curvo *significava*.)

Em decorrência disso, a geometria clássica euclidiana já não era suficiente para descrever o universo. Foi aqui que a matemática de Einstein o traiu. Ele não tinha com que substituí-la. Sem o suporte matemático, sua teoria era pura conjectura e poucas conclusões podiam ser tiradas dela.

Felizmente para Einstein, o alemão Georg Riemann desenvolvera estudos sobre a geometria não euclidiana no século XIX. Por meio século, sua matemática de superfícies curvas tinha sido considerada absolutamente brilhante mas totalmente inexeqüível. Riemann mostrara que, na sua formulação de geometria curva, havia situações (espaços) em que por um par de pontos podia-se traçar mais de uma geodésica – conceito geral de distância mínima que se reduz à linha reta na geometria euclidiana. (De fato, uma geodésica – uma linha reta sobre o globo – passando por Londres e São Francisco acabará passando por Los Angeles.)

Riemann demonstrou, também, que nesse tipo de geometria não podia haver uma geodésica de comprimento infinito. Einstein compreendeu que, se o espaço era curvo, isso também se aplicava ao universo. Uma "linha reta" iria, no final, encontrar-se com ela próprio de novo. A nova concepção do universo de Einstein também contou com a grande ajuda da noção de espaço e tempo formulada por seu antigo professor Minkowski. Isso propiciou outro vínculo entre a teoria especial e a teoria geral e preencheu as lacunas deixadas pelo efeito da luz curva sobre o espaço e o tempo. O espaço se tornava curvo e o mesmo acontecia com o tempo, que não era absoluto mas simplesmente agia como uma quarta dimensão em um contínuo espaço-tempo. (Se a luz viajava em curva, então o tempo não podia evoluir em uma linha reta *mais rápida*, tinha que evoluir em curva também.)

Einstein publicou os resultados em março de 1916 nos *Annalen der Physik*, em um artigo intitulado "O fundamento da teoria da relatividade geral" (*Die Grundlage der allegmeined Relativitätstheorie*). As sensacionais idéias novas de Einstein foram saudadas com assombro e alguma perplexidade. Estava tudo muito bem, mas era tudo teoria. Ele alegava estar

descrevendo o universo, mas o que apresentava era matemática – sem provas práticas. Comprovadamente, sua teoria parecia explicar uma irregularidade mínima na órbita de Mercúrio, para a qual a física de Newton não tinha explicação. Mas isso dificilmente seria prova prática conclusiva para as decisivas afirmações acerca da natureza fundamental do universo.

Einstein sugeriu um teste prático. De acordo com sua teoria, a luz das estrelas distantes deveria sofrer um desvio ao passar pelo potente campo gravitacional do sol. Infelizmente, essa luz só podia ser observada durante um eclipse do Sol e o próximo só aconteceria em 1919. O mundo teria que esperar para descobrir se era parte de um universo curvo ou “chato”.

Nesse ínterim, o mundo descobriu que tinha coisas mais importantes a fazer. Para a maioria, março de 1916 foi marcado pelo massacre em massa da Batalha de Verdun. Einstein estava horrorizado e seus pontos de vista pacifistas radicalizaram-se.

Quando, mais tarde, visitou a Suíça, deu-se conta de que seu casamento com Mileva chegara ao fim. Na volta, chorou diante da perspectiva de se separar de seus dois filhos. Mesmo assim, prosseguiu com a ação de divórcio. O efeito sobre Mileva foi tão catastrófico que ela sucumbiu a um colapso nervoso.

Toda essa pressão, após um longo período de trabalho intelectual que exigiu total concentração, também levou Einstein a ponto de entrar em crise. Segundo seu médico: “Como sua mente não conhece limites, seu corpo não segue regras estabelecidas; ele dorme até ser acordado; permanece acordado até que o mandem dormir; ficará com fome até que lhe dêem alguma coisa para comer; e então come até que o interrompam.” As condições em Berlim na época da guerra eram ruins e, certa ocasião, o desorganizado Einstein perdeu vinte e cinco quilos em dois meses. Elsa levou-o para casa a fim de cuidar dele.

A guerra terminou afinal em novembro de 1918 com a derrota alemã. O Kaiser fugiu para a Holanda, um governo socialista foi empossado e o caos político se seguiu. Einstein ficou animado com a posse dos socialistas e convencido de que o militarismo alemão era coisa do passado.

Sob os cuidados maternais de Elsa, pouco a pouco recobrou a saúde, mas não mostrava sinais de querer voltar a seu apartamento. Começou a trabalhar no quarto de cima e, nos intervalos, podia-se ouvi-lo tocando violino. Suas refeições eram, via de regra, deixadas do lado de fora da porta. Ignorava a situação doméstica, e Elsa sentia-se bem deixando que tudo continuasse assim. Quando o divórcio se concretizou, sugeriu-se que talvez devessem se casar e ele parece ter aceito a sugestão alegremente. Elsa cortou o cabelo dele, vestiu-o com um terno e casaram-se em junho de 1919.

Em novembro, a publicação de uma notícia mudaria para sempre a vida de Einstein. No início do ano, o astrofísico britânico Arthur Eddington liderara uma expedição à ilha de Príncipe, no golfo da Guiné, na África portuguesa, onde havia fotografado o eclipse solar. Estrelas antes não visíveis, devido ao brilho do Sol, podiam agora ser observadas. As fotos também mostravam que, à medida que a luz das estrelas passava perto do Sol, curvava-se. Ou seja, a posição dessas estrelas parecia ser diferente de quando sua luz não passava perto do Sol. As observações de Eddington comprovavam as previsões de Einstein de que a luz das estrelas distantes era curvada pelo Sol. A teoria da relatividade geral estava confirmada: por muitos dias, Einstein viveu em estado de euforia.

Mas a reação de Einstein não foi nada se comparada à da imprensa mundial. Poucos

sabiam de fato a que se referia a relatividade (mesmo nos círculos científicos), mas todos entenderam que o universo parecia ter mudado para sempre. De repente, o obscuro professor de física de Berlim estava sendo aclamado como "o maior gênio da Terra".

O mundo mal emergira da catastrófica carnificina de uma guerra mundial, a assim chamada "guerra para pôr fim a todas as guerras", e havia uma necessidade geral de boas notícias. Os "grandes homens" do passado – líderes militares, estadistas, aristocratas – haviam caído em descrédito. O mundo ingressava numa era de populismo ("a era do homem comum") que precisava encontrar seus próprios heróis. Esse processo tinha se iniciado nos Estados Unidos com o fenômeno Charlie Chaplin e agora Einstein iria juntar-se a ele. O despretensioso gênio distraído – que às vezes se esquecia de comer ou de vestir a camisa, que tocava violino e era capaz de rabiscar fórmulas na toalha da mesa quando ia jantar – era exatamente o que a imprensa e o público estavam procurando. Da mesma forma, a desilusão do pós-guerra com as antigas formas de religião e de filosofia tinha deixado um vácuo espiritual que muitos tentaram preencher com a relatividade. Ali estava a explicação *verdadeira* de tudo.

Einstein foi então transformado em figura pública, viajando por toda a Europa, dando conferências públicas para explicar a relatividade. Da Europa, viajou para os Estados Unidos, onde foi recebido com chuva de papel picado ("Homem que curvou o espaço visita Chicago"). Elsa cuidava para que estivesse bem vestido e fazia-se de cega diante de seu comportamento galanteador com as matronas da sociedade. "Sou a pessoa com quem ele vai para casa", insistia ela, embora houvesse ocasiões em que sua conduta a aborrecesse genuinamente. Essa conduta, porém, era mais do que uma simples questão de personalidade: era, em grande parte, uma questão de princípios também. A doutrina socialista de Einstein incluía uma crença na liberdade total do indivíduo. Sua atitude boêmia ia além da aparência.

Em 1921, ganhou o Prêmio Nobel e enviou os US$ 32.000,00 do prêmio a Mileva. Fizera-lhe em segredo essa promessa ao se divorciarem, alguns anos antes de seu trabalho ser reconhecido. Einstein jamais duvidara da importância de suas realizações ou de que um dia sua obra seria reconhecida e recompensada.

Einstein era bastante consciente do aspecto ridículo de sua celebridade. Como forma de se autoproteger, exacerbava sua excentricidade (tarefa nada difícil), mas, por outro lado, insistia em usar sua fama para boas causas. Fez longos e implacáveis *lobbies* pelo desarmamento internacional, deu apoio total ao sionismo e fez o que pôde para deter a escalada do anti-semitismo na Alemanha.

Nos intervalos de suas movimentadas turnês de conferências e campanhas, tentava prosseguir com seu trabalho. Embora tivesse sido bem-sucedido ao redefinir a gravidade e vinculá-la à relatividade, ainda havia lacunas a serem preenchidas. Pretendia estabelecer uma relação matemática entre as forças eletromagnéticas (como a luz) e a gravidade, relação que seria o alicerce de uma lei fundamental sobre o comportamento geral de tudo, dos minúsculos elétrons às gigantescas estrelas. Einstein estava tentando descobrir uma fórmula ainda mais fundamental do que $E = mc^2$. Almejava relacionar todas as propriedades da matéria em uma teoria do campo unificado. Dessa teoria absoluta ele derivaria a teoria quântica. Assim, seria capaz de superar o elemento essencialmente ambíguo da teoria quântica, que desafiava a lógica tratando a luz tanto como ondas quanto como partículas. Como deixou claro numa carta ao teórico em física quântica, Max Born, em 1926: "Estou convencido de que Deus não joga

dados." Mas Nils Bohr, que era o mentor do desenvolvimento da teoria quântica em Copenhague, estava certo de que a crença de Einstein em um universo construído com perfeição estava errada. Se houvesse algum princípio absoluto, este seria a teoria quântica.

Os artigos publicados de Einstein tinham sido sempre recebidos com ceticismo – mas, daí em diante, o ceticismo emanaria daqueles que antes o apoiavam. Ele podia até ter transformado o mundo, mas parecia então que estava sendo deixado para trás. Einstein era um homem ambicioso, e isso causou-lhe alguma tristeza. Por trás da fachada da fama, os tempos eram difíceis para ele. Seu filho Edouard teve um colapso nervoso. Antes, Edouard idolatrara de longe seu pai-herói e agora esse sentimento se transformava em ódio por ele e Mileva terem sido abandonados. Depois, os nazistas tomaram o poder na Alemanha e ofereceram a recompensa de 20.000 marcos para quem o matasse. "Não sabia que valia tanto", comentou, mas foi obrigado a fugir para os Estados Unidos.

Aceitou um cargo permanente no Instituto de Estudos Avançados, em Princeton, recém-fundado para dedicar-se à pesquisa pura. Quando chegou aos Estados Unidos, parecia ter envelhecido de repente. Embora tivesse apenas 54 anos, sua auréola de cabelos rebeldes havia embranquecido completamente e era como se seu rosto tivesse se transformado em pedra.

Daí em diante, Einstein seguiria uma rotina que, em grande parte, não se alteraria até o fim de sua vida. Todas as manhãs saía de sua modesta casa de madeira na Mercer Street 112 e iniciava a caminhada de vinte minutos até o Instituto de Estudos Avançados, que logo começou a atrair alguns dos melhores cérebros do mundo científico.

Ali estava o Einstein que se tornara uma lenda viva – a figura do amável gênio excêntrico tão querida pela imprensa. Porém, sob muitos aspectos, era então um homem triste. Há muito se afastara de seus pares. A teoria quântica estava produzindo resultados espetaculares e a insistência de Einstein em buscar uma teoria do campo unificado para muitos significava um absoluto desperdício de uma mente prodigiosa. Como observou seu amigo Max Born: "Muitos de nós consideram isso uma tragédia, tanto para ele, na medida em que procura seu caminho tateando na solidão, como para nós, que sentimos a falta de nosso líder e guia." Einstein tinha desempenhado um papel central no desenvolvimento da teoria quântica e, no entanto, agora recusava-se a acreditar em suas implicações.

Em 1936, Elsa morreu e ele se recolheu ainda mais em seu casulo, trabalhando obsessivamente em seus cálculos aparentemente fúteis.

Sabe-se que Einstein realizou duas notáveis façanhas nas últimas décadas de sua vida. A primeira foi sublime – tanto em sua magnitude quanto em seu horror. Em 1939, o físico dinamarquês Nils Bohr visitou-o em Princeton e confidenciou-lhe notícias alarmantes. A fórmula $E = mc^2$ recebera dramática confirmação. Cientistas alemães haviam fissionado o átomo e poderiam em breve construir uma bomba de poder inimaginável. Einstein escreveu ao presidente Roosevelt, informando-o a esse respeito. À revelia de Einstein, Roosevelt criou secretamente o Projeto Manhattan, com o objetivo de fabricar a primeira bomba atômica. Em 1945, quando viu os resultados do que tinha feito, Einstein empreendeu uma campanha mundial visando o banimento das armas nucleares. Para aumentar suas dificuldades, foi investigado pelo FBI.

Em contrapartida, o segundo ato notável de Einstein em suas últimas décadas de vida continha um elemento de ridículo. Era então o judeu mais famoso do mundo e em 1952 lhe

ofereceram o cargo de presidente do recém-criado Estado de Israel. Não sendo daqueles que se deixam absorver pelo próprio mito, recusou de boa vontade.

Enquanto isso, continuava a trabalhar em sua teoria do campo unificado. Apesar de sua saúde decadente, persistia em seus esforços hercúleos. Foi forçado a abandonar, um a um, seus passatempos favoritos. As dores crônicas no estômago (em parte legadas por seus singulares hábitos alimentícios de tempos anteriores) forçaram-no a abrir mão de seu adorado cachimbo. Finalmente, até seu precioso violino foi colocado de lado. Mas esses não eram seus maiores interesses. Essa abstinência poderia no máximo significar que dispunha de mais tempo para se concentrar em seu objetivo final.

Em 1950, publicou uma nova versão de sua teoria do campo unificado, recebida com embaraçoso silêncio por seus confrades do mundo científico. Tinha então 71 anos, mas havia envelhecido (em aparência pelo menos) muito além de sua idade. Confessou que freqüentemente se imaginava um estranho no mundo, mas integrado o suficiente para se sentir profundamente desiludido. A inclemente campanha do FBI contra ele e seu fracasso na elaboração da teoria do campo unificado eram o sinal de alarme. Sentia-se cada vez mais cansado. Na primavera de 1955, aos 76 anos, sofreu um colapso. Quatro dias depois, em 18 de abril de 1955, morreu enquanto dormia, no Princeton Hospital. Perto de sua cama, uma página de cálculos inacabados referentes à sua teoria do campo unificado.

CITAÇÕES-CHAVE

……………

Trecho do artigo de Einstein sobre a relatividade, datado de 1905:

A teoria que será desenvolvida é baseada – como toda a eletrodinâmica – na cinemática do corpo rígido. Isto se deve a que as asserções de qualquer uma dessas teorias dizem respeito às relações entre corpos rígidos (sistemas de coordenadas), relógios e processos eletromagnéticos. A falta de atenção a esse fato é a causa das dificuldades atualmente enfrentadas pela eletrodinâmica dos corpos em movimento.

1 Parte Cinemática

Pt 1 Definição de Simultaneidade

Tome-se um sistema de coordenadas em que as equações da mecânica de Newton se confirmem (isto é, à primeira aproximação). Para ser preciso, e distinguir esse sistema de coordenadas de outros a serem usados, daremos a ele o nome de "sistema estacionário".

Se um ponto material estiver em repouso em relação a esse sistema de coordenadas, sua posição pode ser definida com relação ao sistema através da mensuração precisa e da geometria euclidiana, podendo ser expressa em coordenadas cartesianas.

Se quisermos descrever o *movimento* de um ponto material, tomamos os valores de suas coordenadas como funções do tempo. No entanto, devemos entender que uma descrição matemática desse tipo não possui significação física, a menos que sejamos totalmente claros sobre o que entendemos por "tempo". Devemos compreender que todos os nossos juízos, nos quais o tempo desempenha um papel, são sempre juízos de *eventos simultâneos*. Por exemplo, se eu disser: "Aquele trem chega aqui às sete horas", o que quero dizer de fato é algo como: "O ponteiro pequeno de meu relógio apontado para o sete e a chegada do trem são eventos simultâneos".

A relatividade em resumo:

Se há movimento relativo, o tempo e o espaço se tornam relativos. *Apenas a velocidade da luz permanece constante*.

Einstein define a relatividade para leigos:

Quando você está cortejando uma moça simpática, uma hora parece um segundo. Quando você se senta sobre carvão em brasa, um segundo parece uma hora. Isso é a relatividade.

A fórmula que levou à bomba:

$E = mc^2$

em que E é a energia liberada, m é a massa e c é a velocidade da luz.

No começo:

Em decorrência da teoria de Einstein, os físicos foram capazes de traçar a história do universo até uma fração de segundo após o Big Bang. Essa fração de segundo foi agora reduzida a uma vírgula decimal, quarenta e dois zeros e um um – ou ,0000000000000000000000000000000000000 00001. O que aconteceu no momento preciso da criação permanece desconhecido, pelo menos para a ciência.

Algumas declarações-chave:

- Estou convencido de que Deus não joga dados.
- poder incontrolado do átomo mudou tudo, exceto nossas formas de pensar e, por isso, caminhamos em direção a uma catástrofe sem paralelo.
- Nunca penso no futuro; ele chega suficientemente cedo. N
- Política é para o presente, mas uma equação é para a eternidade. N
- Se A é um sucesso na vida, então A = x + y + z. Trabalho é x, y é diversão e z é manter a boca calada. N
- Se minha teoria da relatividade estiver correta, a Alemanha me reivindicará como alemão e a França dirá que sou cidadão do mundo. Se ela for declarada incorreta, a França dirá que sou alemão e a Alemanha declarará que sou judeu.
- Na medida em que as leis da matemática se referem à realidade, elas não estão certas e, na medida em que estão certas, elas não dizem respeito à realidade.

Comentários sobre Einstein:

- O gênio de Einstein conduz a Hiroshima.

Pablo Picasso

- Einstein entende tanto de psicologia quanto eu de física.

Sigmund Freud

- Completamente maluco.

J. Robert Oppenheimer

CRONOLOGIAS

……………

Cronologia da vida de Einstein

1879	Nascimento em Ulm, Alemanha
1894	A família muda-se para a Itália, deixando Albert em Munique, Alemanha
1895	Muda-se para a Suíça
1900	Gradua-se na Politécnica de Zurique Torna-se cidadão suíço
1903	Casa-se com Mileva Maric
1905	Publica três artigos explosivos, inclusive um sobre a teoria da relatividade especial
1909	Demite-se do Escritório de Patentes em Berna
1913	Torna-se Diretor de Física no Instituto Kaiser Wilhem em Berlim
1916	Publica artigo sobre a teoria da relatividade geral
1919	Divorcia-se de Mileva e casa-se com a prima Elsa Löwenthal A confirmação da teoria da relatividade lhe traz fama mundial
1921	Recebe o Prêmio Nobel de Física
1929	Publica a primeira versão da teoria do campo unificado
1933	Emigra para os Estados Unidos após ser ameaçado de morte pelos nazistas
1939	Informado da fissão do átomo, adverte o presidente Roosevelt
1940	Torna-se cidadão norte-americano
1946	Tachado de “comunista colaborador” por suas posições antinucleares
1950	Denunciado por McCarthy
1955	Morre em Princeton, aos 76 anos

Cronologia da época

1882	Morte de Darwin
1889	Construção da Torre Eiffel em Paris
1900	Freud publica *A interpretação dos sonhos*
1903	Os Curie recebem o Prêmio Nobel pela descoberta da radioatividade
1907-14	Era do cubismo
1912	Naufrágio do Titanic
1913	*A sagração da primavera*, de Stravinski, causa sensação em Paris
1914-18	Primeira Guerra Mundial

1917	Revolução bolchevista na Rússia
1922	Publicação de *Ulisses,* de James Joyce
1929	Queda da Bolsa, em Wall Street, anuncia a Era da Depressão
1933	Hitler chega ao poder na Alemanha
1939-45	Segunda Guerra Mundial
1945	Bomba atômica sobre Hiroshima Criação das Nações Unidas
1950	Começa a Guerra da Coréia

LEITURA SUGERIDA

....

Bernstein, Jeremy, *Einstein*, Modern Masters, 1996 (um bom levantamento de suas idéias)

Brian, Denis, *Einstein: a life*, Wiley, 1996 (a mais recente biografia, fornece detalhes desconhecidos relativos a Mileva)

Clark, Ronald W., *Einstein: the life and times*, Hodder, 1988 (a biografia mais extensa e difundida)

Einstein, Albert, *Relativity: the special and general theory*, Methuen, 1935 (uma exposição acessível, pelo próprio Einstein)

Einstein, Albert, *The Meaning of Relativity*, Methuen, 1932 (quatro conferências)

Michelmore, Peter, *Einstein: profile of the man*, Muller, 1962 (retrato anedótico do homem)

SOBRE O AUTOR

....

PAUL STRATHERN foi professor universitário de filosofia e matemática na Kingston University e é autor das séries “Cientistas em 90 minutos” e “Filósofos em 90 minutos”, esta traduzida em mais de oito países. Escreveu cinco romances (entre eles *A Season in Abyssinia*, ganhador do Prêmio Somerset Maugham), além de biografias e livros de história e de viagens. Foi também jornalista *free-lance*, colaborando para o *Observer*, o *Daily Telegraph* e o *Irish Times*. Tem uma filha e mora em Londres.

FILÓSOFOS

em 90 minutos

....

por Paul Strathern

Aristóteles em 90 minutos
Berkeley em 90 Minutos
Bertrand Russell em 90 Minutos
Confúcio em 90 Minutos
Derrida em 90 Minutos
Descartes em 90 Minutos
Foucault em 90 Minutos
Hegel em 90 Minutos
Hume em 90 Minutos
Kant em 90 Minutos
Kierkegaard em 90 Minutos
Leibniz em 90 Minutos
Locke em 90 Minutos
Maquiavel em 90 Minutos
Marx em 90 Minutos
Nietzsche em 90 Minutos
Platão em 90 Minutos
Santo Agostinho em 90 Minutos
São Tomás de Aquino em 90
Minutos Sartre em 90 Minutos
Schopenhauer em 90 Minutos
Sócrates em 90 Minutos
Spinoza em 90 Minutos
Wittgenstein em 90 Minutos

Título original:
Einstein and Relativity

Tradução autorizada da primeira edição inglesa,
publicada em 1997 por Arrow Books,
de Londres, Inglaterra

Copyright © 1997, Paul Strathern

Copyright da edição brasileira © 1998:
Jorge Zahar Editor Ltda.
rua Marquês de São Vicente 99 - 1º andar
22451-041 Rio de Janeiro, RJ
tel.: (21) 2529-4750 / fax: (21) 2529-4787
editora@zahar.com.br
www.zahar.com.br

Todos os direitos reservados.
A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo
ou em parte, constitui violação de direitos autorais. (Lei 9.610/98)

Ilustração: Lula

ISBN: 978-85-378-0346-2

Edição digital: julho 2011

Arquivo ePub produzido pela **Simplíssimo Livros**
